

(2) Japanese Patent Application Laid-Open No. 07-335511 (1995)

“BONDED WAFER”

The following is an English translation of an extract of the above application.

5

It is an object of the present invention to obtain a tough and hardly crackable bonded wafer having a high yield. A (100) wafer 1 is bonded to a (111) wafer 2.

Moreover, as shown in Fig. 2, one (100) wafer is bonded to the other (100) wafer while shifting their crystal axes.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-335511

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl.⁶

H01L 21/02

識別記号

B

FI

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願平6-130258

(22)出願日 平成6年(1994)6月13日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(71)出願人 591230295

エヌティティエレクトロニクステクノロジー株式会社

東京都武蔵野市吉祥寺本町1丁目14番5号

(72)発明者 海野 秀之

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 山川 政樹

最終頁に続く

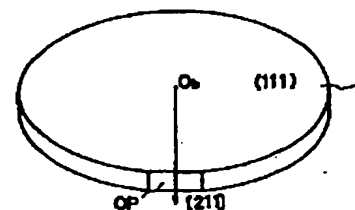
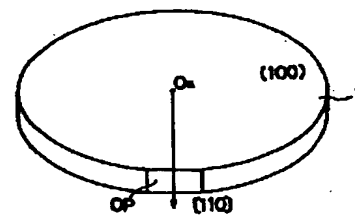
(54)【発明の名称】 張り合わせウエハ

(57)【要約】

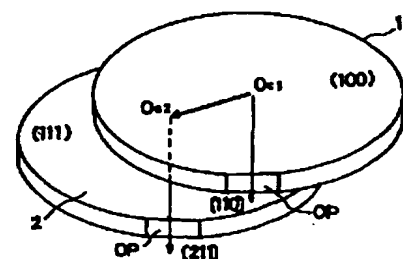
【目的】 強靱で割れ難く、高歩留りな張り合わせウエハを得る。

【構成】 (100)面のウエハ1と(111)面のウエハ2を張り合わせる。

(a)



(b)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 結晶方位の異なるウエハを互いに張り合わせたことを特徴とする張り合わせウエハ。

【請求項2】 請求項1記載の張り合わせウエハにおいて、ウエハ間に非晶質層が介在されていることを特徴とする張り合わせウエハ。

【請求項3】 請求項2記載の張り合わせウエハにおいて、非晶質層が酸化膜であることを特徴とする張り合わせウエハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体、絶縁体、導体材料、あるいはこれらを組み合わせた膜からなる高歩留まりにして強靱な張り合わせウエハに関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体、絶縁体、導電体あるいはこれらの複合体からなる異種あるいは同種のウエハの相互張り合わせは、ショックレー等によるトランジスタの発明で半導体デバイス研究が熱を帯びた1950年前後から種々の方法が提案、実施されてきたことはよく知られた事実である。これらの方法は、前記各種の素材を空間的に接触させて高温（通常、 $800^{\circ}\text{C}\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ）で熱処理をするか、各種の接着材料（合金、セラミックスパウダー等）を挟んで材料に応じた温度（例えば、 $400^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ）で熱処理をすることが唱われている。残念ながら、当時はウエハの加工精度や結晶の品質が劣っていたため、この種の製法で製造されたウエハは研究レベルでは種々の試みが成されたものの実用に供されたものは皆無と言ってよい。

【0003】最近、各種の材料の複合化が進められており、一時期途絶えていたウエハの張り合わせが再度注目を集めている。特に、Siに代表されるLSI製造用半導体基板と他の基板をウエハ状態で張り合わせて高機能なデバイスを作ることの一部分野で実用に供されつつある（例えば、特開平2-96349号公報「半導体基板の製造方法」、中川明夫著「インテリジェントパワーIC」、電気学会誌、113巻、P203、3月号、1993年等）。これらの実用化が進んだ要因は、ひとえにウエハの張り合わせ面の加工がオンストロームオーダの精度で実現されるようになったこと、張り合わせ面の異物となるダストを大きく減少させる高潔なクリーンルームが利用できるようになったこと等が大きい。

【0004】ウエハの張り合わせは、ウエハ径が同一の寸法、例えば6インチのウエハ間で行なわれるのが一般的であるが、原理的には異なるウエハ径間でも可能である。以下の例では、同一径の場合を示す。張り合わせに際しては、張り合わせ面の平滑性をオンストロームオーダまでよくすることが重要である。これは張り合わせのメカニズムとして、物質が原子間隔のオーダに接近し

た場合に働くファンデアワールス力によって最初の接着性が得られ、その後に張り合わせ面に残存する H_2O や O_2 等を仲立ちとする化学結合に移行すると信じられていることによる。事実、鏡面性のよいウエハ程、良好な張り合わせ特性を得たことが報告されている。

【0005】従来の張り合わせ方法の代表的な事例を図3(a)～(d)に示す。図中、1は主体となるウエハ、2は支持ウエハ、3は拡散層、4はダスト、5は堆積薄膜(SiO_2 、 Si_3N_4 等)、6は張り合わせ面、7は研磨・エッチング等により除去した部分である。主体となるウエハ1に所定の加工（例えば、酸化、 Si_3N_4 膜等の薄膜5の堆積、不純物添加による拡散層3の形成、エピタキシャル層の成長等）を施す。続いて、支持基板となるウエハ2にも必要な加工（例えば、酸化 Si_3N_4 膜等の薄膜5の堆積等）を施す（図3(a)）。張り合わせを行なう一対のウエハ1、2を対向させて、張り合わせ面6を中央あるいはウエハの一端から静かに接触させた後、速やかに接触面積をウエハ全面にまで拡大する（図3(b)）。この時、ダスト4等が付着していると、ウエハの接触すべき部位間の距離が大きくなって、張り合わせのための力が十分働かなくなり、空隙やボイドの原因となる（図3(c)）。張り合わせを強固にするために、 800°C 以上の高温で熱処理を行うことは一般的な手法である。この際、酸化性の雰囲気を用いることが普通であるが、非酸化性の窒素やアルゴン雰囲気とすること、あるいは酸化性と非酸化性の混合雰囲気とすることも行なわれている。小さなダストやボイドは、その際の熱処理で接触面に介在させた薄膜の原子間や分子間の結合に取り込まれたり、薄膜に吸収されたりして解消されることが分かっている。一般的には、張り合わせたウエハは主体となるウエハ1に所定の加工、例えば絶縁性膜上に $1\sim 2\mu\text{m}$ 厚の半導体層が残存するような薄層化がなされる。甚だしい場合は、残存半導体層の厚みとして $0.5\mu\text{m}$ あるいは $0.1\mu\text{m}$ 程度の加工に成功した事例が報告されている（図3(d)）。

【0006】本発明で、支持ウエハ2と主体となるウエハ1の間には明確な区別が存在する。それは両者の厚みにある。支持ウエハ2は機械的な強度を保つ必要があることから数百 μm の厚みを有する一方、主体となるウエハ1は半導体デバイスの常として表面近傍のみが活性領域として機能することから工程(d)を経た後の厚みは高々数十 μm 、甚だしい場合は $1\mu\text{m}$ 以下である。当然、残存半導体層には、高速あるいは高耐圧のデバイスを作り込んだり、センサーと半導体集積回路(IC, LSI)とが一体となった複合デバイスを形成することができる。さて、このような単純な工程で製造される張り合わせ基板であるが、以下のような製造歩留まりを大きく下げる要因が工程に内在していた。

【0007】なお、本出願で重要な基礎となる結晶の構造に関しては、例えば、「結晶・表面の基礎物性」（黒

10

20

30

40

50

田司著、日刊工業新聞、1993年刊行)に詳しく記述されていることがよく知られている。なお、以下の記述では、結晶学の約束事に則って、面の表現として”〔 〕”を、また、軸あるいは方向ベクトルの表現として”〔 〕”を、それぞれ用いることとし、括弧内の数値には所謂バー記号は用いない。すなわち、方向や面の集合体を表現しているものである。

【0008】張り合わせに用いるウエハは、ウエハ上に製造するデバイスが最も高性能となるような仕様が採用される。特に高集積を狙った仕様では、所謂CMOSに適した(100)ウエハ、すなわち(100)面を主面とするウエハを採用することが一般的である。しかし、よく知られているように(100)面のSiウエハは(010)あるいは(001)といった面に沿って大変割れ易いという特質を有する。

【0009】一方、張り合わせの支持基板となるウエハは、被張り合わせウエハと同一の仕様を用いるか、大量に生産された所謂ダミーウエハの仕様とすることが一般的であった。ダミーウエハとは、所謂DRAM-LSI製造に多量に用いられる(100)ウエハ(この種のもを良品ウエハと称する)を取得した残余のSiインゴットから製造されるウエハである。すなわち、ダミーウエハも(100)面を主面とするSi結晶である。したがって、先に述べたような(010)あるいは(001)面で割れ易いという欠点は残されていた。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】今までに触れた報告の各種の張り合わせウエハ技術は(100)基板相互でなされたものである。一方、特別な例として、支持基板を多結晶Siのウエハ(多結晶Siのインゴットをスライスして製造)や石英(SiO₂)製のウエハ(石英のインゴットをスライスして製造)とした事例が報告されている。これらの特別なウエハは量産された事例が少なく、また、Si結晶のような均一な加工技術の蓄積が少なく、そのために張り合わせ面の鏡面性は劣らざるを得ない。したがって、(100)ウエハのような割れ易いという難点はないものの、Si結晶同士の良好な張り合わせを実現するには困難を伴っていた。

【0011】本発明は上記したような従来の問題点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、結晶が有する特性を巧みに利用することにより強靱で割れ難く、高歩留りな張り合わせウエハを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、結晶方位の異なるウエハを互いに張り合わせたことを特徴とする。請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、ウエハ間に非晶質層が介在されていることを特徴とする。請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、非

晶質層が酸化膜であることを特徴とする。

【0013】

【作用】結晶面方位が(100)面のウエハはCMOSに適しているが、(010)あるいは(001)面に沿って割れ易いという特性を有している。このため、(100)面のウエハ同士を張り合わせたウエハは(010)あるいは(001)面で割れ易い。これに対して、(111)ウエハは大変強く、割れ難いという特性を有する。そこで、結晶面方位の異なる(100)ウエハと(111)ウエハを張り合わせると、CMOSに適し、かつ強靱で割れ難い張り合わせウエハが得られる。

【0014】

【実施例】以下、本発明を図面に示す実施例に基づいて詳細に説明する。図1(a), (b)は本発明に係る張り合わせウエハの一実施例を示す図である。同図において、本実施例は結晶面方位が(100)面と(111)面のウエハ1, 2を張り合わせたものである。なお、OPはオリエンテーションフラット(直線状に加工したウエハ端)である。

【0015】ウエハの張り合わせには、張り合わせ面の完全な平坦化、平滑化を実現することが望まれている。しかし、ウエハの表面(鏡面加工がなされて半導体デバイスが形成される面と定義)と裏面(粗面加工がなされて加工途中のウエハ保持が容易とされる面と定義)の加工履歴の違いからウエハは表面が凸になるように反ることが一般的である。この反りは、

①ウエハの結晶面方位(例えば、(100)面なのか、(111)面なのか)

②加工手法(例えば、Si層の除去が、機械的な研磨が主体なのか、化学的なエッチングが主体なのか)

③Siウエハに含まれた酸素濃度およびSiO₂等の異物質としてSiウエハ中に酸素を析出させる所謂デヌイデッドゾーン処理の有無等に依存する。

【0016】同一の仕様のウエハを準備すると同一の反り、すなわち表面が凸となるように反ってしまう。この結果、張り合わせに際しては、凸面同士を張り合わせるという難点が生じる。

【0017】このような難点の解決手法を提案し、さらに優れた効果を具現化したものが本願発明である。その要旨は、張り合わせウエハ相互にそれぞれ異なる結晶面を用いてウエハの反りを調整すると共に張り合わせ後の強靱性を確保することにある。以下の説明においては結晶の面方位と面指数が重要な根幹をなすので、簡単な注釈を行なう。代表的なSiウエハは大集積を目的としたCMOSデバイス用に用いられる(100)ウエハと高速動作に有利なバイポーラデバイス用の(111)ウエハである。これらは結晶の軸を明確にするため、前記オリエンテーションフラットあるいはノッチ(円形の微小孔)と呼ばれる目印を付けることが一般的である。以下の説明では日本国内で一般的なオリエンテーションフラ

10

20

30

40

50

ットを例に取り説明する。(100)ウエハ1の代表的なオリエンテーションフラットOPは図1に示すように〔110〕軸方向に設けられる。また、(111)ウエハ2のそれは〔211〕あるいは〔110〕に設けられる(但し、図1においては前者の例を示す)。

【0018】張り合わせの具体的な手法としては、図1に示すように、それぞれの外径を、あるいは中心を一致させるように、一組のウエハを重ね合わせることが一般的である。本実施例では、それぞれのウエハ1、2の中心を“OXY”で表し、それぞれの中心が一致するように実施する手法をモデル的に示している。図中の太い矢印はウエハの重ね合わせを行なうための移動方向を示し、細い矢印は当該ウエハの結晶軸の方向を示している。ここで、具体的な事例として挙げた張り合わせは大きく分けて二種類である。

i) 異種の結晶面相互の張り合わせウエハ：図1

(b) 参照

ii) 同種の結晶面で異なる結晶軸が一致する張り合わせ：図2参照

例：(100)面同士を〔110〕軸と〔100〕軸が一致するように張り合わせる

【0019】なお、図2に示す同一結晶面同士の張り合わせにおいて、相互にわずかな傾き、所謂オフアングルを設けて行なう構成も考えられるが、この組合せは上記ii)に示した手法の中で、軸を表すパラメータ〔k, l, m〕のいずれか二組の数字を大きくして僅かに違えた場合に相当するので割愛する。

【0020】次に、このような構成のウエハの組合せで得られる利点について述べる。まず、最大の利点は高集積化に有利なCMOSデバイスの搭載に必要な(100)ウエハの割れ易さを克服できることである。良く知られているように(111)ウエハは大変強いウエハとして知られており、例えば、1100°Cの高温石英管中から20°Cのクリーンルーム内まで1分以内に引き出しても基板が破壊されることはほとんどない(勿論、(100)ウエハを用いると略100%の割合で基板に大きなスリップが入ったり、甚だしい場合は基板の破断が生ずる)。

【0021】そこで、図1の張り合わせにおいて、支持基板として(111)ウエハ2を、デバイスを製造する主体となる基板として(100)ウエハ1を用いることが大きな効果を生む。このような構成では、デバイス製造はCMOS製造に有利な(100)結晶面を、ウエハの機械的な強度確保には応力に強い(111)結晶面を利用することが可能となる。さらに、(111)結晶面の応力に強い特性を生かして短時間の昇温、降温を(100)結晶面に施すことが可能である。これは、昨今の超高速あるいは高集積デバイスに必要な0.1μm以下の浅い接合形成を容易にする特長がある。

【0022】次に、本発明が有する別の利点について述

べる。図2に示したように、同一の結晶面を有する基板相互で異なる結晶軸が一致する張り合わせを行なう事例とし、(100)面同士を〔021〕軸と〔012〕軸が一致するように張り合わせる場合を取り上げる。良く知られているように同一面に含まれる〔100〕軸と〔110〕軸とのなす角度は約45°である。このことは、同一仕様の(100)ウエハを特定の軸方向から片方を45°回転させた状態で張り合わせれば所望の構成となることを意味している。このような張り合わせを行なうと(100)面を主面とする基板において割れ易い(010)面あるいは(001)面等が張り合わせウエハ相互で一致することではなく、これらの面はそれぞれ約45°のずれを持つこととなる。当然であるが、結晶において割れ易い面を外した面は大変割れ難いことが知られている。すなわち、図2において、支持ウエハ2の割れ易い面は主体となるウエハ1の割れ難い面で保護されることとなる。この第二の事例は、割れ易いラワン材の薄片を年輪が直交するように張り合わせて軽量で強度が高い合板を形成する技術に似ていると言える。この事例においては、約45°の回転で張り合わせたが、この角度に制限されるものではなく、割れ易い面が一致しない回転角度ならいずれの値でもよいことは自明である。

【0023】良く知られているように、DRAMに代表されるメモリーの大量生産で(100)ウエハは大量に用いられる。このため、機械的な強度に優れる(111)基板より容易に安価に入手が可能である。各種のデバイスを製造する際、(111)ウエハほど応力に強い必要がなければ、この事例は強靱な張り合わせウエハの強靱性を活用した短時間の昇温/降温工程を組合せて製作した。昇温/降温の速度は各温度領域に適した変化を与えることが普通である。例えば、(100)面のSiウエハの1100°Cへの変化は、900°Cまでは45°C/分、それ以上の温度に対しては10°C/分、20°C/分、30°C/分の温度変化をきめ細かく組み合わせて、室温から約40分かけて行なわれるのが従来の手法であったが、強靱な本発明の張り合わせウエハは約15分の時間で1100°Cへの昇温を可能とした。製造されたデバイスの特性は結晶性の優劣を示す差異は認められなかった。この結果、同等のデバイス特性を実現するためには、高温の処理を行なう酸化炉で本発明のウエハは短時間で多数の枚数の処理が可能となるものである。この種の酸化炉は約1億円と高価なものが常用されていることからこの効果は大きく、ウエハの処理コストに占める酸化炉の減価償却分を数分の一に減少させてデバイスのコスト低減に大きく寄与するものである。また、接合面間に酸化膜からなる非晶質層が介在されていると、より強い張り合わせウエハが得られる。

【0024】次に、(100)基板同士を特定の結晶軸が26°離れた状態で張り合わせた本発明の別の応用事例では、前記のような高い強靱性を得ることはできな

ったものの約 25 分間での昇温を可能にした。(111) 面のウエハを支持基板とする事例に加えて強靱性は劣るものの、支持基板の入手し易さの観点や(111) 面のウエハに比較して 1~2 割程度低くなる支持基板のコストの魅力から本事例も十分な効果があると言える。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る張り合わせウエハは、結晶方位の異なるウエハ同士を張り合わせたので、安価な手法で強靱な張り合わせウエハを実現することができ、また、張り合わせ面に酸化膜を介在させると、より強靱なウエハが得られ、結果としてウエハの中に形成されるデバイスの低コスト化を実現すること

が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (a), (b) は本発明に係る張り合わせウエハの一実施例を示す図で、(100) 面のウエハと(111) 面のウエハを張り合わせた例を示す。

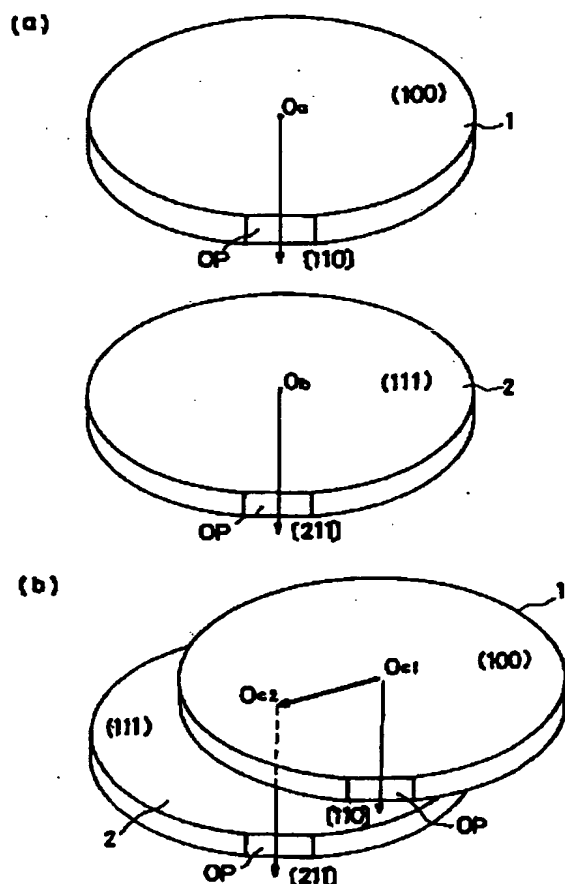
【図2】 結晶面が同じで異なる結晶軸を一致させて張り合わせた実施例を示す図である。

【図3】 (a) ~ (d) は従来行なわれている一般的なウエハの張り合わせ方法を説明するための図である。

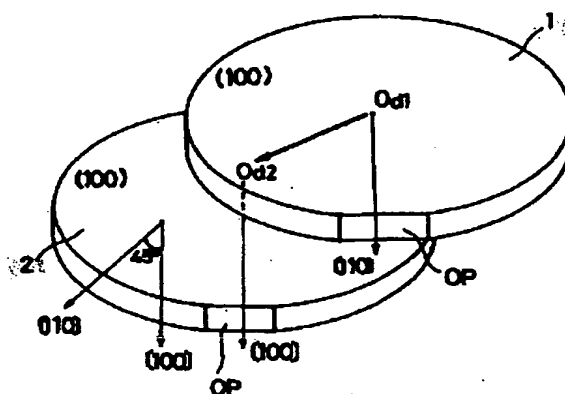
【符号の説明】

1...主体となるウエハ、2...支持ウエハ、3...拡散層、4...ダスト、5...堆積薄膜、6...張り合わせ面、7...除去部分、OPオリエンテーションフラット。

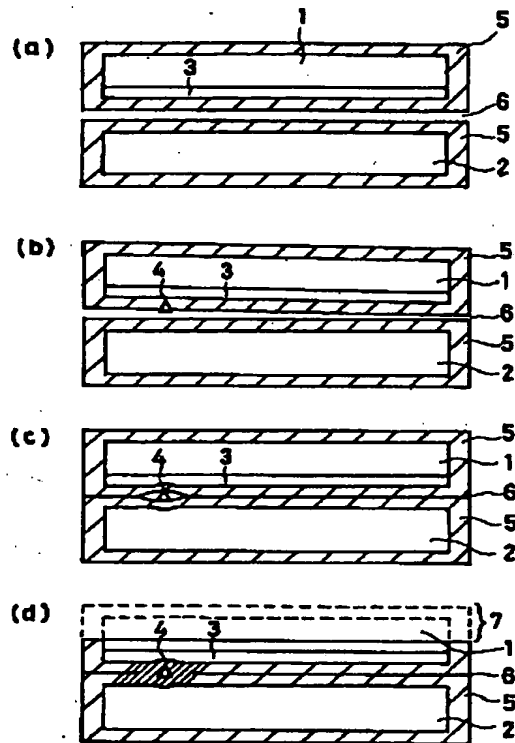
【図1】



【図2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 桜井 哲真

東京都武蔵野市吉祥寺本町 1 丁目14番 5 号

エヌティティエレクトロニクステクノロ

ジー株式会社内

(72)発明者 下口 信幸

東京都武蔵野市吉祥寺本町 1 丁目14番 5 号

エヌティティエレクトロニクステクノロ

ジー株式会社内